

Résumé

Une étude de longue durée (sept ans) sur l'exploitation du clone PB 217, en fonction de différentes conditions de fréquences de saignées, de stimulations et de repos annuel, a été réalisée en Côte d'Ivoire. Les résultats montrent très clairement que ce clone est potentiellement un fort producteur. Il est toutefois indispensable, pour exprimer son potentiel, de stimuler assez intensément son activité laticigène. Les caractéristiques physiologiques de son latex, confirmant son métabolisme de régénération relativement lent, indiquent qu'il peut supporter, sans inconvénient, de nombreux traitements éthyléniques, ce que vérifie sa très faible sensibilité à l'encoche sèche. Logiquement, du fait de son statut physiologique équilibré, le repos annuel n'a pas d'effet bénéfique particulier mais, au contraire, induit une perte de production cumulée sensible.

Abstract

A long-term tapping study (seven years) on clone PB 217, covering different tapping frequencies, stimulation and annual rest periods, was carried out in Côte d'Ivoire. The results showed quite clearly that the clone has a high yield potential, but that in order to express its potential, its latex production system has to be stimulated quite intensely. The physiological characteristics of its latex, which confirm its relatively slow regeneration metabolism, suggest that it can withstand numerous ethylene treatments with no ill effects, proving its very low susceptibility to tapping panel dryness. Logically, given that it is physiologically balanced, annual rest periods will not be of any particular benefit, and will indeed lead to substantial cumulated production losses.

Resumen

Se realizó en Côte d'Ivoire un estudio de larga duración (siete años) sobre la explotación del clon PB 217, acorido a diferentes condiciones de frecuencias de picas, de estimulaciones y de descanso anual. Los resultados señalan muy claramente que este clon es potencialmente un fuerte productor. No obstante resulta indispensable, para expresar su potencial, estimular bastante intensamente su actividad laticigénica. Las características fisiológicas de su latex, confirmando su metabolismo de regeneración relativamente lento, indican que puede aguantar, sin inconveniente, numerosos tratamientos etilénicos, lo que verifica su muy baja sensibilidad a la entalladura seca. Lógicamente, debido a su estatuto fisiológico equilibrado, el descanso anual no surte efecto benéfico especial pero, al contrario, induce una notable pérdida de producción acumulada.

Les performances du clone d'hévéa PB 217 en Côte d'Ivoire

Obouayeba S. ¹, Boa D. ¹, Jacob J.L. ²

¹ IDEFOR/DPL, 01 BP 1536, Abidjan 01, Côte d'Ivoire

² CIRAD-CP, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

Chaque clone d'*Hevea brasiliensis* sélectionné a ses caractères propres. L'expression de ses potentialités de producteur demande plusieurs années d'observations et d'expérimentations. Le clone PB 217 est cité comme un bon producteur (IDEFOR/DPL¹, 1991). Pour définir les conditions optimales de son exploitation en Côte d'Ivoire, l'IDEFOR/DPL a mis en place un essai de longue durée (7 ans). Les résultats obtenus conduisent à évaluer l'influence des différents facteurs impliqués dans les mécanismes laticigènes et à définir des systèmes de saignées et de stimulations éthyléniques qui doivent tendre vers la meilleure production possible de ce clone. L'appartenance de ce dernier à une typologie caractérisée par un système à métabolisme relativement lent, peu sensible à l'encoche sèche et à fort potentiel de production (Gohet *et al.*, 1991), est prise en considération.

Matériel et méthodes

Matériel végétal et dispositif statistique

La parcelle du clone PB 217 est constituée d'arbres plantés en lignes, à une densité de 510 arbres par ha (7 m x 2,80 m). L'expérience a duré 13 ans dont 7 ans d'exploitation.

En début d'expérience, les arbres avaient des circonférences homogènes (53,4 cm CV = 0,7 %) au sein de chaque traitement.

Dans le dispositif statistique, « un arbre correspond à une répétition ». Les traitements étudiés comportent 33 arbres totalement randomisés sur la surface expérimentale. Les trois motifs retenus pour cette étude font intervenir :

- des systèmes de saignée en demi-spirale à fréquence variable : 2 fois par semaine, 3 fois par quinzaine et 1 fois par semaine;
- des stimulations hormonales à fréquence variable ;
- la comparaison de deux motifs exploités de la même manière, avec ou sans repos annuel.

Les stimulations sont effectuées avec un mélange d'Ethrel à 2,5 % dans l'huile de palme ; 1 g de ce mélange est appliqué, au pinceau, sur chaque arbre au niveau de l'encoche (stimulation sur panneau).

La production en caoutchouc sec par arbre (g/a) et par saignée (g/a/s) a été estimée à partir des pesées effectuées toutes les 4 semaines, sur les récoltes cumulées, en sac de polyéthylène.

Les mesures suivantes ont été réalisées annuellement :

- circonférence (à 1,70 m du sol) ;
- relevés d'encoches sèches pour la détermination des longueurs d'encoche maldade (LEM) et du taux d'arbres secs (Arb. secs) ;
- analyses de paramètres physiologiques importants du latex ; le latex prélevé par piqûre sous l'encoche de saignée, selon la méthode du « micro-diagnostic » (Jacob *et al.*, 1988), a permis de déterminer la valeur de l'extrait sec et de doser les teneurs en sucres (sac), en phosphore inorganique (Pi) et en thiols (R-SH) selon les

¹ Institut des Forêts. Département des plantes à latex.

techniques décrites précédemment (Prévôt *et al.*, 1988).

L'analyse statistique a porté sur les données de production et de croissance, les valeurs en début et fin d'essai du saccharose, de l'extrait sec, de la longueur d'encoche malade et du taux d'arbres secs et en fin d'essai sur les teneurs en Pi et de la teneur en R-SH.

Résultats

Effet de la fréquence de saignée

Après 7 ans d'exploitation, il apparaît clairement que plus la fréquence de saignée est élevée, plus le g/a/s est faible (tableau 1). Autrement dit, plus l'intervalle de temps entre deux saignées est court, plus la production de latex par arbre est faible. Ces différences sont statistiquement significatives entre les différents motifs. Ce résultat s'explique logiquement par le fait qu'un certain temps est nécessaire, pour reconstituer au sein des laticifères, le contenu qu'ils ont perdu lors d'une saignée (Jacob *et al.*, 1990). Dans les conditions de l'expérience, eu égard aux différences importantes qui existent entre les trois motifs, on ne peut affirmer que la régénération *in situ* soit totale après une semaine, durée de la plus faible fréquence étudiée.

En revanche, l'analyse de la production totale cumulée (g/a) de caoutchouc durant l'expérience aboutit à des conclusions opposées. En effet, ce sont les fréquences de saignées les plus élevées qui donnent globalement les plus fortes productions. Là aussi, les différences entre les motifs sont statistiquement significatives.

Pour les fréquences plus fortes, le nombre de saignées plus élevé (52, 78, 104 pour les motifs saignés respectivement 1 fois par semaine, 3 fois par quinzaine et 2 fois par semaine), compense et inverse de beaucoup l'effet bénéfique de la diminution de fréquence sur la production par arbre et par saignée. En effet, cette diminution de fréquence a permis un gain exprimé en g/a/s de 18 % et 40 %, alors qu'elle induit une perte globale cumulée exprimée en g/a de 11 % et 30 %.

Par ailleurs, les croissances sont peu différentes, ce qui implique en l'occurrence, une faible action de la production de latex (biomasse secondaire) sur la croissance végétative globale (biomasse primaire). La meilleure augmentation de circonférence correspond bien au motif qui produit le moins ; c'est-à-dire celui qui est saigné le moins souvent (1 fois par semaine).

L'extrait sec (ES) des arbres à l'ouverture est faible. Ce résultat reflète une expression encore incomplète du métabolisme laticifère des hévéas jeunes (Jacob *et al.*,

1988). Cependant, l'augmentation des intervalles de temps, entre deux saignées, induit une augmentation de ce paramètre, directement liée au phénomène de régénération *in situ* précédemment évoqué. La régénération sera d'autant plus efficace qu'elle aura du temps pour se réaliser.

Les valeurs d'extrait sec, beaucoup plus fortes en fin d'expérience, traduisent l'activation du métabolisme laticifère par l'exploitation répétée des arbres. Par ailleurs, les plus faibles fréquences permettent une meilleure régénération *in situ*.

Dans tous les cas, les teneurs en saccharose sont très élevées, ce qui reflète une forte potentialité de production et un excellent état physiologique (Jacob *et al.*, 1988). Il faut rappeler que le saccharose est la molécule initiale essentielle du métabolisme laticigène. Son utilisation va donner le squelette carboné de la molécule de caoutchouc et des structures subcellulaires du latex, ainsi que l'énergie et le pouvoir réducteur biochimique indispensable à la fonction laticigène (Lynen, 1969 ; Lacrotte, 1991).

Toutefois, ces teneurs en saccharose sont logiquement plus fortes en début d'expérience où la régénération du latex est moins efficace, comme le montrent les faibles valeurs d'extrait sec correspondantes. De plus, les teneurs en saccharose évoluent inversement à la production (exprimée en

Tableau 1. Croissance, production, profil physiologique et encoche sèche en fonction de la fréquence de saignée chez le clone d'hévéa PB 217. / Influence of tapping frequency on growth, production, physiological profile and tapping panel dryness in the PB 217 Hevea clone.

Fréquence de saignées <i>Tapping frequency</i>	Nombre de saignées par an <i>Number of tappings per year</i>	Circonférence (cm) en fin d'expérience <i>Girth (cm) at end of trial</i>	Production			Paramètres physiologiques/ <i>Physiological parameters</i>						Encoche sèche (%) <i>Tapping panel dryness (%)</i>	
						ES (%) <i>TSC (%)</i>		SAC (mM) <i>Suc (mM)</i>		Pi (mM)	R-SH (%)	LEM <i>DCL</i>	Arb. sec <i>Dry trees (T)</i>
			g/a/s <i>g/T/t</i>	cumulée g/a/ <i>cumulated g/T</i>	kg/a/an <i>kg/T/yr</i>	Expérience <i>Trial</i>							
						début <i>start</i>	fin <i>end</i>	début <i>start</i>	fin <i>end</i>	fin <i>end</i>	fin <i>end</i>	fin <i>end</i>	fin <i>end</i>
1/2S d/3 6d/7 (2 fois/semaine) <i>(twice/week)</i>	104	73,3	54,6c (100 %)	39 718a (100 %)	5,6	29,4	42,1	26,5	17,0	27,0	0,96	3,3	0
1/2S d/4 6d/7 (3 fois/quinzaine) <i>(3 times/fortnight)</i>	78	73,4	64,9b (118 %)	35 386b (89 %)	5,1	32,5	48,4	26,7	14,4	25,6	0,88	0,3	0
1/2S d/6 6d/7 (1 fois/semaine) <i>(once/week)</i>	52	74,9	76,8a (140 %)	27 933c (70 %)	4,0	33,8	48,5	18,5	13,6	27,0	0,96	2,0	0

L'ensemble des motifs est stimulé, d'une manière identique, 8 fois par an. / All the treatments were stimulated in an identical way, eight times per year.

a, b, c, ... Les résultats affectés de la même lettre ne sont pas significativement différents (test de Newman-Keuls à 5%), ils ne concernent que les paramètres de production. / The results followed by the same letter are not significantly different (Newman-Keuls test at 5%), and only concern production parameters.

Tableau 2. Croissance, production, profil physiologique et encoche sèche en fonction de la fréquence de saignée et de la stimulation hormonale chez le clone d'hévéa PB 217. / Influence of tapping frequency and hormonal stimulation on growth, production, physiological profile and tapping panel dryness in the PB 217 Hevea clone.

Fréquence de saignées <i>Tapping frequency</i>	Circonférence (cm) <i>Girth (cm)</i>	Production			Paramètres physiologiques/ <i>Physiological parameters</i>						Encoche sèche (%) <i>Tapping panel dryness (%)</i>	
					ES (%) <i>TSC (%)</i>		SAC (mM) <i>Suc (mM)</i>		Pi (mM)	R-SH (%)	LEM DCL	Arb. secs Dry trees (T)
		g/a/s <i>g/T/t</i>	cumulée g/a/ <i>cumulated g/T</i>	kg/a/an <i>kg/T/yr</i>	Expérience							
					<i>Trial</i>							
					début <i>start</i>	fin <i>end</i>	début <i>start</i>	fin <i>end</i>	fin <i>end</i>	fin <i>end</i>	fin <i>end</i>	fin <i>end</i>
1/2S d/2 6d/7 0/Y (3 fois/semaine) <i>(3 times/week)</i> 0 stimulation	76,4	28,4) (100 %)	31 026 (100 %)	5,1	28,6	43,2	27,0	18,9	23,6	1,01	3,3	0
1/2S d/3 6d/7 4/Y (2 fois/semaine) <i>(twice/week)</i> 4 stimulations	72,9	43,4 (153 %)	b 33 581b (108 %)	4,2	32,3	42,8	24,9	16,1	25,3	0,96	6,2	0
1/2S d/3 6d/7 8/Y (2 fois/semaine) <i>(twice/week)</i> (8 stimulations)	73,2	53,7a (189 %)	39 113a (126 %)	5,6	29,2	40,7	28,1	19,7	26,2	0,99	0,3	0
1/2S d/3 6d/7 12/Y (2 fois/semaine) <i>(twice/week)</i> 12 stimulations	73,4	55,4 (195 %)	40 323a (130 %)	5,8	29,6	43,6	25,0	14,2	27,9	0,93	6,3	0
1/2S d/6 6d/7 8/Y (1 fois/semaine) <i>(once/week)</i> 8 stimulations	74,7	72,8b (256 %)	26 488b (35 %)	3,8	32,5	48,1	18,7	14,7	23,1	0,88	0,3	0
1/2S d/6 6d/7 12/Y (1 fois/semaine) <i>(once/week)</i> 12 stimulations	75,1	80,8a (284 %)	29 377a (70 %)	4,2	35,1	48,9	18,3	12,5	30,9	1,05	3,7	0

Y: Nombre de stimulations annuelles. / Annual number of stimulations.

a, b, c,... Pour une fréquence de saignée donnée, les traitements affectés de la même lettre ne sont pas significativement différents (test de Newman-Keuls à 5 %), ils ne concernent que les paramètres de production. / For a given tapping frequency, the results followed by the same letter are not significantly different (Newman-Keuls test at 5%), and only concern production parameters.

g/a/s). Il est en effet normal que les laticifères produisant plus de caoutchouc, utilisent plus de sucre dont les concentrations *in situ* vont, de ce fait, décroître. Cependant, les teneurs en sucre les plus faibles correspondent aux motifs saignés 1 fois par semaine, notamment en fin d'expérience (tableau 1). Dans ce cas, ce résultat reflète probablement aussi un certain ralentissement métabolique (indiqué par un ES stabilisé et une diminution de la production cumulée) qui entraîne une limitation de l'énergie biochimique impliquée dans le chargement en sucre des laticifères (Jacob *et al.*, 1995).

Les fortes teneurs en Pi observées dans tous les motifs indiquent une activité laticifère globalement assez élevée (Jacob *et al.*,

1988), activité confirmée par les fortes productions obtenues.

De la même manière, les teneurs importantes en R-SH sont le signe d'une protection biologique efficace des systèmes laticifères (Chrestin, 1985; Jacob *et al.*, 1988). Ces valeurs sont cohérentes avec l'absence significative, en fin d'expérience, d'encoche présentant des zones sèches et, *a fortiori*, d'hévéas à encoche totalement sèche.

Ces résultats confirment d'ailleurs le bon état physiologique du système laticifère dans tous les motifs de l'expérience et la faible sensibilité du PB 217 au syndrome d'encoche sèche, contrairement à d'autres clones tels que le PB 235 (Obouayeba et Boa, 1993).

Effet de la stimulation

Les effets de la stimulation (4, 8 et 12 fois par an) ont été étudiés en combinaison avec des fréquences de saignées hebdomadaires et bihebdomadaires. Un essai exploité 3 fois par semaine mais non stimulé a servi de témoin. Le tableau 2 récapitule l'ensemble des résultats obtenus.

La production du motif non stimulé donne logiquement une production exprimée en g/a/s assez faible, du fait d'un faible intervalle de temps entre deux saignées insuffisant pour régénérer totalement son latex *in situ*.

L'utilisation de générateur d'éthylène découvert dans les années 70 (Abraham *et al.*, 1968 ; d'Auzac et Ribailier, 1969) a permis la stimulation de la production de

caoutchouc. En effet, l'éthylène, hormone végétale, augmente sensiblement le temps d'écoulement du latex dont il active le métabolisme de régénération *in situ* (d'Auzac *et al.*, 1989).

L'augmentation du délai intersaignées et, surtout, l'activation par la stimulation hormonale, accroissent sensiblement la g/a/s. Ainsi, dans le motif saigné 1 fois par semaine et stimulé 12 fois, la valeur de ce paramètre est pratiquement 3 fois supérieure à celle du témoin non stimulé et saigné 3 fois par semaine (80,8 g contre 28,4 g/a/s).

Dans les motifs saignés 2 fois par semaine, l'augmentation du g/a/s est significative entre les arbres stimulés 4 fois et 8 et 12 fois. La différence entre les arbres stimulés 8 et 12 fois est aussi en faveur des plus stimulés, mais elle est beaucoup moins sensible et n'est plus statistiquement significative ; dans ce cas, un seuil d'efficacité de la stimulation pourrait être quasiment atteint.

Dans les motifs saignés 1 fois par semaine, la différence de production exprimée en g/a/s est significative entre les hévéas stimulés 8 et 12 fois. Cependant, les efforts demandés aux arbres sont, dans ce cas, plus discrets, comme le montrent les productions cumulées inférieures à celles du témoin non stimulé et l'augmentation du nombre de stimulation reste alors plus efficace.

Dans la mesure où la fréquence de saignée maximale ne peut être pratiquement

supérieure à 3 fois par semaine, l'observation de la production cumulée montre, très clairement, que pour ce clone PB 217, le potentiel de production nécessite impérativement l'utilisation de la stimulation. En outre, une fréquence de saignée trop faible (1 fois par semaine par exemple) demande une intensité de stimulation qui n'est probablement pas encore atteinte dans cet essai, eu égard aux gains de production exprimés en g/a/s, ou cumulés en g/a, qui sont aussi importants que ceux observés entre les motifs exploités plus souvent.

Les motifs produisant le moins ont tendance à être ceux dont la croissance est la plus forte. Il faut toutefois souligner que les motifs saignés 1 fois par semaine, et stimulés 12 fois, même s'ils produisent moins que le témoin non stimulé, ont aussi une circonférence plus faible que ce dernier. La dérivation des photoassimilats vers le puits laticifère provoquée par l'éthylène au détriment de la biomasse primaire, n'est pas réversible. Toutefois, elle ne sert pas forcément, dans certaines conditions, à la production de latex, ce qui confirme les résultats récents de Gohet *et al.* (1996).

Les paramètres physiologiques donnent lieu aux mêmes observations (tableau 2). Les fortes teneurs en sucre observées en fin d'expérimentation indiquent que, malgré l'utilisation de fortes intensités de stimulation (8 et 12 fois), le potentiel de la produc-

tion maximale n'est pas atteint, le statut physiologique des systèmes laticifères reste bon. Les teneurs de Pi élevées traduisent une activité métabolique assez intense. Les fortes teneurs en R-SH expliquent probablement le très faible niveau d'encoche sèche partielle (la plus élevée ne dépasse pas 6,3 %) et l'absence complète d'encoche sèche totale.

Influence du repos annuel

Durant la période de défoliation-refoliation, les hévéiculteurs arrêtent souvent l'exploitation de leurs arbres. Les raisons physiologiques sont compréhensibles, dans la mesure où la photosynthèse qui génère le saccharose indispensable à la production de latex s'arrête, où la refoliation constitue un nouveau « puits » biologique extrêmement lourd qui entre en compétition intense avec la fonction laticigène, où la saison sèche limite la disponibilité en eau du sol. Les hévéas ont d'ailleurs, à cette période, la plus faible productivité.

Deux motifs ont été introduits dans cette expérience qui compare 2 groupes d'arbres saignés 2 fois par semaine et stimulés 8 fois par an. L'un est exploité continuellement, l'autre est mis au repos 2 mois lors de la période évoquée précédemment (tableau 3).

Les arbres saignés 10 mois sur 12, donc moins sollicités (16 saignées de moins par an), ont logiquement une valeur g/a/s plus

Tableau 3. Croissance, production, profil physiologique et encoche sèche en fonction du repos annuel de saignée chez le clone d'hévéa PB 217. / Influence of the annual rest period on growth, production, physiological profile and tapping panel dryness in the PB 217 Hevea clone.

Fréquence de saignées <i>Tapping frequency</i>	Circonférence (cm) <i>Girth (cm)</i>	Production			Paramètres physiologiques/ <i>Physiological parameters</i>						Encoche sèche (%) <i>Tapping panel dryness (%)</i>	
		g/a/s <i>g/T/t</i>	cumulée g/a <i>cumulated g/T</i>	kg/a/an kg/T/yr	ES (%) <i>TSC (%)</i>	SAC (mM) <i>Suc (mM)</i>	Pi (mM)	R-SH (%)	LEM <i>DCL</i>	Arb. secs <i>Dry trees (T)</i>		
											Expérience <i>Trial</i>	
début <i>start</i>	fin <i>end</i>	début <i>start</i>	fin <i>end</i>	fin <i>end</i>	fin <i>end</i>	fin <i>end</i>	fin <i>end</i>					
1/2S d/3 6d/7 sans repos/ <i>without rest</i> (2 fois/semaine) <i>(twice/week)</i>	72,4	53,2a (100 %)	38 750a (100 %)	5,5	30,6	40,8	23,5	16,2	27,4	0,86	3,2	0
1/2S d/3 6d/7 avec repos*/ <i>with rest</i> (2 fois/semaine) <i>(twice/week)</i>	74,1	57,3b (108 %)	35 295b (91 %)	5,0	27,7	46,3	23,0	09,0	27,6	0,83	14,1	0

* Le repos annuel de saignée couvre une période de deux mois qui correspond à la période de défoliation et de refoliation de l'hévéa, arbre à feuilles caduques. / The annual rest from tapping covers two months, corresponding to the period of defoliation and refoliation in Hevea, a deciduous tree.
a, b, ... Les résultats affectés de la même lettre ne sont pas significativement différents (test de Newman-Keuls à 5 %), ils ne concernent que les paramètres de production. / The results followed by the same letter are not significantly different (Newman-Keuls test at 5%), and only concern production parameters.
Les deux motifs sont stimulés, d'une manière identique, 8 fois par an. / The two treatments were stimulated in an identical way, eight times per year.

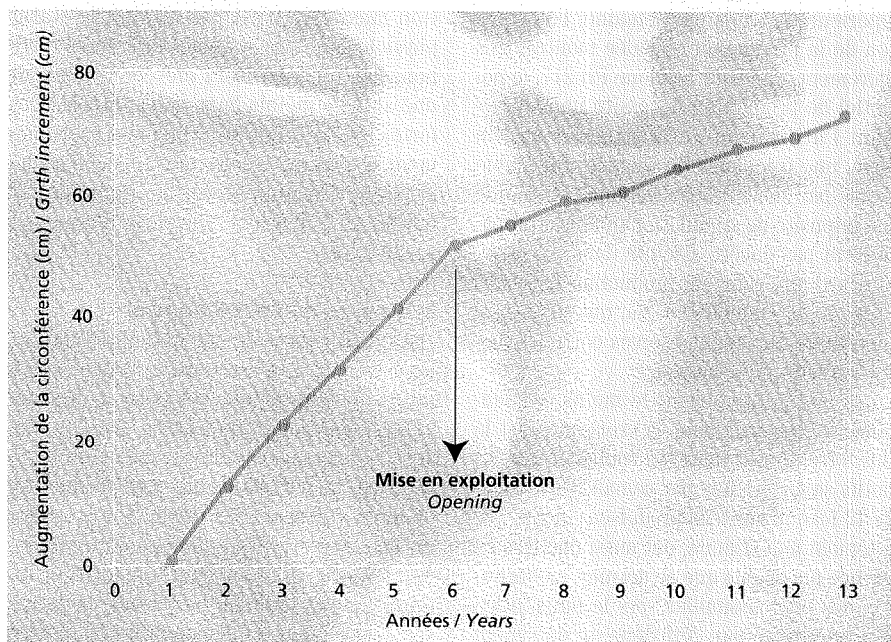


Figure 1. Influence de la mise en saignée, donc de la production de latex, sur la croissance radiale des hévéas du clone PB 217. / Effect of opening, hence of latex production, on the radial growth of clone PB 217 trees.

élevée (+ 8 %) que les hévéas sans arrêt d'exploitation. Cependant, la réduction du nombre de saignées induit une perte de production cumulée statistiquement significative de - 9 %. En outre, les arbres moins sollicités, produisant moins, montrent une croissance légèrement plus forte.

En ce qui concerne les paramètres physiologiques, les arbres sans repos annuel ne présentent pas de signe de fatigue (teneurs en sucre, en Pi et en R-SH élevées). En revanche, les arbres dont l'exploitation est arrêtée 2 mois par an montrent, en fin d'expérience, un taux de sucres plus faible (9 mM). Avec un extrait sec très fort (46 %), cette caractéristique peut exprimer une certaine sous-exploitation.

Si on note une longueur d'encoche sèche de 14 %, chez les arbres bénéficiant du repos normal, cette valeur reste faible, peu indicative d'un problème biologique sérieux, d'autant qu'aucun arbre totalement sec n'est relevé.

Il est possible de conclure, à la lumière de ces résultats, qu'un arrêt d'exploitation pour le clone PB 217 en période de défoliation - refoliation, ne présente aucun intérêt physiologique, et tend même à handicaper, à terme, la production cumulée, du fait du nombre annuel de saignées sensiblement plus faible, que ne compense pas une meilleure régénération *in situ*. Cependant, cette remarque ne tient pas compte des contraintes d'organisation d'une plantation qui peuvent nécessiter de tels arrêts.

Croissance et production

L'influence de la mise en exploitation sur la croissance des hévéas apparaît nettement dans la figure 1. La moyenne de la circonférence des arbres de l'ensemble des motifs a été calculée, année par année. Jusqu'à la mise en exploitation, l'augmentation de circonférence est linéaire. A partir de la mise en saignée, la croissance ralentit, mais reste linéaire. La production de latex, qui correspond à la mise en place d'un nouveau « puits », responsable de la biosynthèse d'une biomasse secondaire, entre en compétition, en ce qui concerne les photoassimilats, avec l'élaboration de la biomasse primaire que constitue l'arbre dans son ensemble. Ce phénomène de compétition et de répartition des assimilats a été évoqué par Wicherley (1976), Sethuraj *et al.* (1981), et étudié plus récemment par Gohet *et al.* (1996).

Plus la production de latex est importante, plus la croissance de l'hévéa est diminuée (Gohet *et al.*, 1996). La linéarité de la croissance, en fonction des années, peut, à ce titre, être surprenante, car les traitements induisent des quantités différentes de latex ; mais les observations rapportent la moyenne de production de tous les motifs, ce qui ramène à la seule dualité : croissance moyenne - production moyenne.

Cette linéarité conduit aussi à conforter l'hypothèse selon laquelle les techniques d'exploitation, la fréquence, la stimulation, le repos, etc. n'ont pas d'influence par eux-

mêmes mais seulement par l'intermédiaire de la production de latex (biomasse secondaire) qu'ils induisent.

Conclusions

Le PB 217 est un clone qui possède un fort potentiel de production. Chaque arbre peut produire 50 à 80 g/a/s représentant 4 à 5,8 kg de caoutchouc par an soit, par extrapolation, 2 à 2,9 t/ha/an sans fatigue apparente, eu égard à l'examen des caractéristiques physiologiques du latex et à l'absence d'encoche sèche.

Ce clone a cependant un métabolisme laticigène plutôt lent. En effet, les saignées effectuées tous les 2 jours et sans stimulation donnent une production de 28,4 g par arbre, bien inférieure à celle obtenue avec des systèmes moins fréquents mais stimulés, dont certains atteignent 80 g/a/s. En outre, ce caractère est confirmé par une teneur en sucre élevée ou très élevée, spécifique de ce type de métabolisme (Jacob *et al.*, 1995) qui, sans activation laticigène extérieure, utilise lentement le saccharose et permet son accumulation, *in situ*, dans certaines conditions.

Par ailleurs, le PB 217 est très peu sensible à l'encoche sèche. Cette résistance, également liée à un métabolisme évitant la « surchauffe biologique » (Jacob *et al.*, 1994), est d'ailleurs bien reflétée par les hautes teneurs de R-SH dosées dans tous les échantillons examinés.

Pour exprimer le mieux possible son potentiel de production, ce clone doit être impérativement stimulé, puisque son exploitation 3 fois par semaine (qui correspond à une fréquence maximale) ne donne pas (et de loin), en récolte cumulée, le meilleur résultat.

Il faut donc employer les traitements à l'éthéphon, d'une manière suffisamment intense pour ne pas sous-exploiter les arbres. Cette recommandation est d'autant plus adéquate que le PB 217, du fait de sa typologie laticifère, est peu sensible à l'encoche sèche, notamment celle qui résulte de la stimulation et qui fait intervenir disponibilité du sucre et des R-SH dans le latex (Jacob *et al.*, 1995). Dans cette expérience de 12 stimulations par an, elles améliorent relativement bien la production (g/a/s) des systèmes de saignées bihebdomadaires. Elles aussi sont beaucoup plus efficaces en ce qui concerne cette même g/a/s pour les systèmes de saignées hebdomadaires, où le métabolisme a tendance à réduire son activité. Cependant, dans ce dernier cas et du fait du faible nombre de saignées annuelles,

la production cumulée reste très inférieure à celles obtenues avec le témoin ou les motifs saignés 2 fois par semaine.

En activant la fonction laticigène dans certaines conditions, l'emploi de la stimulation permet de compenser efficacement la diminution de fréquence de saignée. Ce phénomène a une retombée majeure sur la productivité de l'arbre exprimée en g/a/s, et surtout sur la productivité du saigneur

(quantité de latex récolté par saigneur et par jour). Il réduit significativement la part de la main-d'œuvre dans le prix de revient du caoutchouc (Eschbach et Banchi, 1985).

Ces résultats font ressortir les qualités très réelles de ce clone en tant que producteur. Ils soulignent leur différence avec celle du PB 235 étudié précédemment (Obouayeba et Boa, 1993) dont la typologie

du système laticigène est très différente. Ils confirment, sur une longue période, des données plus fondamentales obtenues plus ponctuellement (Jacob *et al.*, 1995). S'ils ne sont pas totalement généralisables du fait de la spécificité de l'expérimentation, ils orientent, vers une voie claire et prometteuse, des recherches plus appliquées sur l'optimisation des méthodes d'exploitation à recommander pour ce clone. ■

Bibliographie / References

- ABRAHAM P.D., WYCHERLEY R.P., PAKIANA THAN S.W., 1968. Stimulation of latex flow in *Hevea brasiliensis* by 4-amino-3,5,6-trichloropicolinic acid and 2-chloroethane phosphonic acid. J. Rubber Res. Inst. Malays. 20 : 291-305.
- D'AUZAC J., RIBAILLIER D., 1969. L'éthylène nouvel agent stimulant pour la production de latex chez l'*Hevea brasiliensis*. C.R. Acad. Sci. Paris, Ser. D. 268: 3046-3049.
- CHRESTIN H., 1985. Le compartiment vacuolysosomal (les lutoïdes) du latex d'*Hevea brasiliensis*. Son rôle dans le maintien de l'homéostasie et dans les processus de sénescence des cellules laticifères. Thèse de doctorat d'état, université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier, France, 490 p.
- D'AUZAC J., JACOB J.L., CHRESTIN H., 1989. Physiology of rubber tree latex. Boca Raton, Etats-Unis, CRC Press, 470 p.
- ESCHBACH J.M., BANCHI Y., 1985. Advantages of Ethrel stimulation in association with reduced tapping intensity in Ivory Coast. Planter 61 (717) : 555-567.
- GOHET E., LACROTTE R., OBOUAYEBA S., COMMERE J., 1991. Tapping systems recommended in West Africa. In: Rubber grower's conference, Kuala Lumpur, Malaisie, 22-24 juillet 1991. Kuala Lumpur, Malaisie, Rubber Research Institute of Malaysia, p. 235-254.
- GOHET E., PRÉVOT J.C., ESCHBACH J.M., CLÉMENT A., JACOB J.L., 1996. Clone, croissance et stimulation, facteur de la production de latex. Plant. Rech. Dév. 3 (1) : 30-38.
- IDEFOR/Département des plantes à latex, 1991. Fiche de clone du PB 217, n° A2 p. 7. Idefor/DPL, 1 p. (document interne).
- JACOB J.L., SERRES E., PRÉVOT J.C., LACROTTE R., VIDAL A., ESCHBACH J.M., D'AUZAC J., 1988. Mise au point du diagnostic latex chez l'hévéa. Agritrop 12 (2) : 97-118.
- JACOB J.L., PRÉVOT J.C., ESCHBACH J.M., LACROTTE R., SERRES E., VIDAL A., 1990. Latex flow, cellular regeneration and yield of *Hevea brasiliensis*. Influence of hormonal stimulation. In: International congress of plant physiology, New Delhi, Inde, 15-20 fév. 1988. Vol. 1, Sinha S.K., Sane P.V., Bhargawa S.C et Agrawal P.K. éd., New Delhi, Inde, Society for Plant Physiology and Biochemistry, p. 426-433.
- JACOB J.L., PRÉVOT J.C., LACROTTE R., 1994. L'encoche sèche chez *Hevea brasiliensis*. Plant. Rech. Dév. 1 (3) : 15-24.
- JACOB J.L., PRÉVOT J.C., LACROTTE R., CLÉMENT A., SERRES E., GOHET E., 1995. Typologie clonale du fonctionnement des laticifères chez *Hevea brasiliensis*. Plant. Rech. Dév. 2 (5) : 43-49.
- LACROTTE R., 1991. Etude des relations entre la teneur en sucres du latex et la production. Ap-
proche des mécanismes du chargement en saccharose des laticifères d'*Hevea brasiliensis* Müell. Arg. Thèse de doctorat d'université en physiologie et biologie des organismes et populations, université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier, France, 266 p.
- LYNEN F., 1969. Biochemical problems of rubber biosynthesis. J. Rubber Res. Inst. Malays. 21 : 389-406.
- OBOUAYEBA S., BOA D., 1993. Fréquence et repos annuel de saignée d'*Hevea brasiliensis* clone PB 235 dans le sud-est de la Côte d'Ivoire. Cah. Agric. 2 (6) : 387-393.
- PRÉVOT J.C., JACOB J.L., LACROTTE R., VIDAL A., SERRES E., ESCHBACH J.M., GIGAULT J., 1988. Physiological parameters of *Hevea brasiliensis*. Their use in the study of laticiferous system. Typologie of functioning of production mechanisms. Effect of stimulation. In: IRRDB Rubber physiology and exploitation meeting, Hainan, Chine, 9-12 déc. 1986. Pan Yanqing et Zhao Canwen éd., Hainan, Chine, South Academy of Tropical Crops, p.136-157.
- SETHURAJ M.R., 1981. Yield components in *Hevea brasiliensis*. Plant Cell Environ. 4 : 81-83.
- WYCHERLEY P.R., 1976. Tapping and partition. J. Rubber Res. Inst. Malays. 24 : 169-194.

Performance of the PB 217 *Hevea* clone in Côte d'Ivoire

Obouayeba S.¹, Boa D.¹, Jacob J.L.²

¹ IDEFOR/DPL, 01 BP 1536, Abidjan 01, Côte d'Ivoire

² CIRAD-CP, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

Every *Hevea brasiliensis* clone has its own intrinsic characters. Full expression of its yield potential calls for several years' observations and experiments. The PB 217 clone is reputed to be high-yielding (IDEFOR/DPL¹, 1991). To define the optimum conditions for its use in Côte d'Ivoire, IDEFOR/DPL set up a long-term trial (seven years), subsequent to which the influence of the different factors involved in latex production mechanisms was assessed and the tapping systems and ethylene stimulation systems that will promote maximum possible output from the clone were defined. The fact that PB 217 is a clone with a relatively slow metabolism, low susceptibility to tapping panel dryness and high yield potential (Gohet *et al.*, 1991), is taken into account.

Material and methods

Planting material and statistical design

The PB 217 plot is planted in rows, at a density of 510 trees per ha (7 m x 2.80 m). The trial lasted for 13 years, seven of them with tapping.

At the start of the trial, tree girth was uniform (53.4 cm, CV = 0.7%) within each treatment.

In the statistical design, one tree corresponded to a replicate. The treatments studied included 33 trees, totally randomized over the experimental area. The three treatments covered:

- half-spiral tapping at variable frequencies: twice weekly, three times per fortnight and once weekly;
- hormonal stimulation at varying frequencies;
- a comparison of two treatments tapped in the same way, with or without an annual rest period.

The trees were stimulated with a mixture of 2.5% Ethrel in palm oil; 1 g of the mixture was painted onto the cut (panel stimulation).

Dry rubber production per tree (g/T) and per tapping (g/T/t) was estimated by weighing the cumulated output every four weeks, in polythene bags.

The following measurements were taken annually:

- girth (1.70 m from the ground);

- dry tapping panel records to determine the diseased cut length (DCL) and the percentage of dry trees (Dry T);
- analyses of the major physiological parameters of latex: the latex was drawn off through a puncture wound just below the tapping cut, using the "micro-diagnosis" method (Jacob *et al.*, 1988), to determine the dry rubber content and carry out quantitative analyses of the sucrose (Suc), inorganic phosphorus (Pi) and thiol (R-SH) contents, according to techniques established previously (Prévôt *et al.*, 1988).

The statistical analyses covered production and growth data, sucrose content, dry rubber content, diseased cut length and the percentage of dry trees at the beginning and end of the trial and Pi and R-SH contents at the end of the trial.

Results

Effect of tapping frequency

After seven years' tapping, it was clear that the higher the tapping frequency, the lower the g/T/t (table 1), i.e. the shorter the time lapse between two tappings, the lower the latex production per tree. The differences between the treatments were statistically significant. This result can logically be explained by the fact that the laticifers take a certain amount of time to reconstitute the contents lost during tapping (Jacob *et al.*, 1990). Under our trial conditions, given the substantial differences between the three treatments, *in situ* regeneration could not be claimed to be total after one week, the lowest frequency studied.

However, an analysis of cumulated total rubber production (g/t) during the trial led to contrary conclusions: overall, it was the highest tapping frequencies that led to the highest production figures. Here again, the differences between the treatments were statistically significant.

For the higher frequencies, the greater number of tappings (52, 78, 104 for the treatments tapped once weekly, three times per fortnight and twice weekly respectively) compensated for and largely reversed the beneficial effect of reduced frequency on production per tree and per tapping. In fact, the reduced frequency resulted in a gain in g/T/t of 18% and

40%, but overall cumulated production in g/T fell by 11 and 30%.

Furthermore, growth varied little, which suggests that latex (secondary biomass) production has a weak effect on overall vegetative growth (primary biomass). But the greatest girth increment clearly corresponded to the treatment that produced the least, in other words the one that was tapped least often (once weekly).

Total solids contents (TSC) on opening were low, reflecting the as yet incomplete expression of the laticiferous metabolism in young rubber trees (Jacob *et al.*, 1988). However, increasing the time lapses between two tappings led to an increase in this parameter, directly linked to the *in situ* regeneration phenomenon mentioned above. Regeneration is all the more effective if it is allowed sufficient time.

Total solids contents, which were much higher at the end of the trial, reflected the activation of the laticiferous metabolism by repeated tapping of the trees. Moreover, the lowest frequencies allowed the best *in situ* regeneration.

In every case, sucrose levels were very high, reflecting a high production potential and excellent physiological condition (Jacob *et al.*, 1988). It is worth remembering that sucrose is the essential initial molecule in the latex metabolism, which is used to build the carbon skeleton of rubber molecules and the sub-cellular structures of latex and which provides the energy and biochemical reducing potential required for latex production (Lynen, 1969; Lacrotte, 1991).

However, sucrose contents were logically higher at the start of the experiment, when latex regeneration was less effective, as shown by the low corresponding dry rubber contents. Moreover, sucrose contents were inversely proportional to production (expressed in g/T/t). It is in fact logical that as the laticifers produce more latex, they consume more sugar and contents consequently fall. However, the lowest sugar contents corresponded to the treatments tapped once weekly, particularly towards the end of the trial (table 1). In this case, the result probably also reflected a certain slowing down of the metabolism (suggested by a stable TSC and a reduction in cumulated production), which may have limited the biochemical energy involved in

¹Institut des Forêts. Département des plantes à latex.

sugar supplies to the laticifers (Jacob *et al.*, 1995).

The high Pi contents observed in all the treatments suggested that overall laticifer activity was quite high (Jacob *et al.*, 1988), which was confirmed by the high yields obtained.

Similarly, the high R-SH contents were a sign of the effective biological protection of the laticiferous systems (Chrestin, 1985; Jacob *et al.*, 1988). These values were coherent with the significant absence, at the end of the trial, of tapping panels with dry areas and, *a fortiori*, of trees with totally dry tapping panels.

Moreover, the results confirmed the good physiological condition of the laticiferous system in all the trial treatments and the low susceptibility of PB 217 to tapping panel dryness, unlike other clones such as PB 235 (Obouayeba and Boa, 1993).

Effects of stimulation

The effects of stimulation (4, 8 and 12 times per year) were studied in combination with weekly or twice-weekly tapping frequencies. A trial tapped 3 times per week but not stimulated was used as a control. Table 2 summarizes the results obtained.

Production in g/T/t in the non-stimulated trial was logically quite low, given the short time lapse between two tapplings, which was insufficient for total *in situ* latex regeneration.

The use of an ethylene generator, discovered in the 1970s (Abraham *et al.*, 1968; d'Auzac and Ribailier, 1969), stimulated rubber production. Ethylene, a plant hormone, significantly increases the latex flow period and activates the *in situ* regeneration mechanism (d'Auzac *et al.*, 1989).

The increase in the time lapse between tapplings and, above all, activation by hormonal stimulation substantially increased g/T/t. For instance, in the treatment tapped once weekly and stimulated 12 times, the value for this parameter was almost three times higher than for the non-stimulated control tapped three times per week (80.8 g compared to 28.4 g/T/t).

In the treatments tapped twice weekly, the increase in g/T/t between the trees stimulated four times and eight and twelve times was significant. The difference between the trees stimulated eight and twelve times also favoured those stimulated more, but it was much less marked and was no longer statistically significant; in this case, the threshold of stimulation efficacy may virtually have been reached.

In the treatments tapped once weekly, the production difference in g/T/t between the trees stimulated eight and twelve times was significant. However, the efforts required of the trees were less strenuous in this case, as shown by the cumulated production figures, which were

lower than for the non-stimulated control, and the increase in the number of stimulations remained effective.

Insofar as it is impracticable to tap more than three times weekly, the cumulated production figures show quite clearly that stimulation is essential for clone PB 217 to reach its production potential. Moreover, an insufficient tapping frequency (for example once weekly) calls for a stimulation intensity that was probably not reached in this trial, in view of the production gains expressed in g/T/t or cumulated gains in g/T, which were just as substantial as those for the treatments tapped more often.

The treatments that produced the least tended to be those in which growth was greatest. However, it is important to stress that although the treatments tapped once weekly and stimulated twelve times produced less than the non-stimulated control, their girth was also smaller. Photoassimilate diversion towards the laticifer sink caused by ethylene, to the detriment of the primary biomass, was not reversible. Nevertheless, it did not always benefit latex production, at least under certain conditions, which confirmed the recent results obtained by Gohet *et al.* (1996).

The physiological parameters gave rise to the same observations (table 2). The high sucrose contents observed towards the end of the experiment showed that despite using high stimulation frequencies (eight and twelve times), the maximum production potential was not reached and the physiological condition of the laticifers remained good. The high Pi contents reflected quite intense metabolic activity. The high R-SH contents probably explain the very low levels of partial tapping panel dryness (the highest did not exceed 6.3%) and the total absence of whole tapping panel dryness.

Effect of the annual rest period

During the defoliation-refoliation period, rubber growers often stop tapping their trees. The physiological reasons are understandable, insofar as photosynthesis, which generates the sucrose essential for latex production, stops, refoliation constitutes a new, extremely significant biological sink that competes strongly with latex production and the dry season limits water availability in the soil. Furthermore, it is at this time that rubber trees produce the least latex.

Two treatments were introduced into the trial, comparing two groups of trees tapped twice weekly and stimulated eight times per year. One was tapped continuously and the other left to rest for two months during defoliation-refoliation (table 3).

The trees tapped for ten months in every twelve (16 fewer tapplings per year) logically had higher g/T/t values (+8%) than the trees tapped continuously. However, reducing the number of tapplings led to a statistically significant cumulated yield loss of -9%. Moreover, the less tapped trees, which produced less, also grew slightly more.

As far as physiological parameters are concerned, the trees not left to rest each year did not show any signs of fatigue (high sugar, Pi and R-SH contents). However, the trees which were not tapped for two months per year had lower sucrose contents (9mM) at the end of the trial. With the very strong dry extract (46%), this characteristic may reflect a degree of under-tapping.

Although the dry tapping panel length was 14% in trees allowed to rest as normal, the figure was still low and did not suggest any serious biological problems, particularly since there were no trees with totally dry panels.

In the light of these results, we can conclude that halting tapping of clone PB 217 during defoliation-refoliation is not physiologically worthwhile, and even eventually handicaps cumulated production, due to the much lower annual number of tapplings, which is not compensated for by better *in situ* regeneration. However, this comment does not allow for the constraints of plantation management, which can necessitate such a halt.

Growth and production

The effect of opening on rubber tree growth is shown clearly in figure 1. Mean tree girth in the treatments as a whole was calculated, year by year. Until opening, girth increment was linear. Once the trees were opened, growth slowed down, but remained linear. Latex production, which corresponds to the establishment of a new sink, responsible for the biosynthesis of a secondary biomass, competes for photoassimilates with the production of primary biomass, i.e. the tree as a whole. This phenomenon of competition for assimilates and their distribution was mentioned by Wycherley (1976) and Sethuraj *et al.* (1987), and studied more recently by Gohet *et al.* (1996).

The more latex is produced, the more rubber tree growth is reduced (Gohet *et al.*, 1996). The linearity of the growth over the years can seem surprising, since the treatments produced different quantities of latex, but our observations concerned the mean yield for all the treatments combined production, leaving just one duality: average growth - average production.

This linearity also supports the hypothesis that tapping techniques, frequency, stimulation, rest periods, etc. have no effect in themselves, but only via the latex (secondary biomass) production that they induce.

Conclusions

PB 217 is a clone with a high production potential. Each tree can produce 50 to 80 g/T/t, which represents 4 to 5.8 kg of rubber per year, or, by extrapolation, 2 to 2.9 t/ha per year, with no apparent fatigue, given our examination of the physiological characteristics of the latex and the absence of tapping panel dryness.

However, it does have a rather slow latex production metabolism. In fact, tapping every two days without stimulation leads to production per tree of 28.4 g, well below the figure obtained with less frequent but stimulated systems, some of which can achieve 80 g/T/t. Moreover, this character is confirmed by a high or very high sucrose content, specific to this type of metabolism (Jacob *et al.*, 1995), which, in the absence of external stimuli, consumes the sucrose slowly and enables its accumulation, *in situ*, under certain conditions.

PB 217 is also barely susceptible to tapping panel dryness. This resistance, which is linked to its metabolism that prevents "biological overheating" (Jacob *et al.*, 1994), is clearly

reflected in the high R-SH contents found in all the samples analysed.

To express its production potential as fully as possible, PB 217 has to be stimulated, since tapping three times per week (which corresponds to the maximum frequency) does not give the best result, far from it, in terms of cumulated yields.

Ethephon therefore has to be used, sufficiently intensely to avoid under-tapping the trees. This recommendation is particularly relevant in that due to its type of latex production system, PB 217 is only slightly susceptible to tapping panel dryness, particularly that caused by stimulation, which involves sucrose and R-SH availability in the latex (Jacob *et al.*, 1995). In this trial with twelve stimulations per year, the output (g/T/t) of twice-weekly tapping systems improved quite markedly. Stimulation was also much more effective as regards g/T/t for weekly tapping systems, where the metabolism tends to become less active. However, in the latter case, given the low annual number of tappings, cumulated production remained well

below the figures obtained with the control or the treatments tapped twice weekly.

By activating the latex production function under certain conditions, stimulation effectively compensates for the reduction in tapping frequency. This phenomenon has a substantial impact on tree productivity expressed in g/T/t, and above all on tapper output (amount of latex collected per tapper per day). It substantially reduces the share of labour in the cost price of rubber (Eschbach and Banchi, 1985).

These results demonstrate the very real qualities of the clone in terms of productivity. They underline the differences from PB 235, which was studied previously (Obouayeba and Boa, 1993), and which has a very different latex production system typology. They provide proof, over a long period, of the more fundamental data obtained little by little (Jacob *et al.*, 1995). Although they cannot fully be extrapolated, given the specificity of the experiment, they have clearly paved the way for more promising applied research on optimizing the tapping methods to be recommended for this clone. ■